



PCT

特許協力条約に基づいて公開された国際出願

<p>(51) 国際特許分類6 H01L 43/08, G01R 33/09, G11B 5/39</p>	<p>A1</p>	<p>(11) 国際公開番号 WO00/25371</p> <p>(43) 国際公開日 2000年5月4日(04.05.00)</p>
<p>(21) 国際出願番号 PCT/JP98/04840</p> <p>(22) 国際出願日 1998年10月26日(26.10.98)</p> <p>(71) 出願人 (米国を除くすべての指定国について) 三菱電機株式会社 (MITSUBISHI DENKI KABUSHIKI KAISHA)[JP/JP] 〒100-8310 東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 Tokyo, (JP)</p> <p>(72) 発明者 ; および (75) 発明者 / 出願人 (米国についてのみ) 深見達也(FUKAMI, Tatsuya)[JP/JP] 前田喜信(MAEDA, Yoshinobu)[JP/JP] 〒100-8310 東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 三菱電機株式会社内 Tokyo, (JP)</p> <p>(74) 代理人 弁理士 宮田金雄, 外(MIYATA, Kaneo et al.) 〒100-8310 東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 三菱電機株式会社内 Tokyo, (JP)</p>		<p>(81) 指定国 JP, KR, US, 欧州特許 (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE)</p> <p>添付公開書類 国際調査報告書</p>
<p>(54)Title: MAGNETORESISTANT DEVICE AND A MAGNETIC SENSOR COMPRISING THE SAME</p> <p>(54)発明の名称 磁気抵抗効果素子及びそれを用いた磁気センサ</p> <p>(57) Abstract A magnetoresistant device having a structure in which magnetic layers and nonmagnetic layers made mainly of Cu are provided alternately and in which the thickness of the nonmagnetic layers is approximately the value where the MR ratio takes on a second maximum. The magnetic layers are made of $\text{Co}_{1-x}\text{Fe}_x$ ($0.05 \leq x \leq 0.5$) and have different thicknesses. The thicknesses of thinner magnetic layers range from 4.5 to 8 angstroms. Another mode of magnetoresistant device to which a magnetic field whose central field is offset in a certain direction is applied is initialized beforehand in the direction of the offset magnetic field. The magnetoresistant film is patterned linearly so that the longitudinal direction of the linear film is perpendicular to the direction in which the magnetic field to be detected changes. The magnetoresistant device with such a construction has a high rate of change of magnetoresistance and a small hysteresis magnetic field both appropriate for a magnetic sensor, and is stable at high temperature.</p> <div data-bbox="990 1234 1442 1921"> <p>a ... ONE CYCLE</p> </div>		

(57)要約

本発明の磁気抵抗効果素子は、磁性層とCuを主成分とする非磁性層を交互に繰り返し積層した構造であって、上記非磁性層厚をMR比が第2極大を示す近傍の膜厚に設定されたものにおいて、磁性層として $\text{Co}_{1-x}\text{Fe}_x$ ($0.05 \leq x \leq 0.5$)を用い、この磁性層は、1層ごとに層厚が変調されており、薄い方の磁性層厚は、4.5 Å以上、8 Å以下とした。また、印加する磁界の中心磁界がある方向にオフセットした磁界を印加して用いる磁気抵抗効果素子において、上記オフセットした磁界方向にあらかじめ初期化を行った。また、磁気抵抗効果膜を線状にパターニングして、上記線状の長手方向と検知すべき磁界変化方向とが垂直となるように構成した。これにより、磁気センサに適するような大きな磁気抵抗変化率および小さなヒステリシス磁界を有し、且つ高温下でも安定性を有する磁気抵抗効果素子が得られる。

PCTに基づいて公開される国際出願のパンフレット第一頁に掲載されたPCT加盟国を同定するために使用されるコード(参考情報)

AE アラブ首長国連邦	DM ドミニカ	KZ カザフスタン	RU ロシア
AL アルバニア	EE エストニア	LC セントルシア	SD スーダン
AM アルメニア	ES スペイン	LI セリテンシュタイン	SE スウェーデン
AT オーストリア	FI フィンランド	LK スリ・ランカ	SG シンガポール
AU オーストラリア	FR フランス	LR リベリア	SI スロヴェニア
AZ アゼルバイジャン	GA ガボン	LS レソト	SK スロヴァキア
BA ボスニア・ヘルツェゴビナ	GB 英国	LT リトアニア	SL シェラ・レオネ
BB バルバドス	GD グレナダ	LU ルクセンブルグ	SN セネガル
BE ベルギー	GE グルジア	LV ラトヴィア	SZ スワジランド
BF ブルギナ・ファソ	GH ガーナ	MA モロッコ	TD チャード
BG ブルガリア	GN ガンビア	MC モナコ	TG トーゴ
BJ ベナン	GM ギニア	MD モルドヴァ	TJ タジキスタン
BR ブラジル	GW ギニア・ビサウ	MG マダガスカル	TZ タンザニア
BS バルレーシ	GR ギリシャ	MK マケドニア旧ユーゴスラヴィア	TM トルクメニスタン
BY カナダ	HR クロアチア		TR トルコ
CA 中央アフリカ	HU ハンガリー	ML モンゴル	TT トリニダード・トバゴ
CG コンゴ	ID インドネシア	MN モンタニア	UA ウクライナ
CH スイス	IE アイルランド	MR モーリタニア	UG ウガンダ
CI コートジボアール	IL イスラエル	MW マラウイ	US 米国
CM カメルーン	IN インド	MX メキシコ	UZ ウズベキスタン
CN 中国	IS アイスランド	NE ニジェール	VN ヴェトナム
CR コスタ・リカ	IT イタリア	NL オランダ	YU ユーゴスラビア
CU キューバ	JP 日本	NO ノールウェー	ZA 南アフリカ共和国
CY キプロス	KE ケニア	NZ ニュー・ジールランド	ZW ジンバブエ
CZ チェコ	KG キルギスタン	PL ポーランド	
DE ドイツ	KP 北朝鮮	PT ポルトガル	
DK デンマーク	KR 韓国	RO ルーマニア	

1

明 細 書

磁気抵抗効果素子及びそれを用いた磁気センサ

技術分野

- 5 この発明は、磁気センサ等に用いる磁気抵抗効果素子に関するものである。

背景技術

- 10 磁気抵抗効果は、印加した磁界の強度や向きにより抵抗が変化する現象であり、古くからパーマロイ薄膜等の強磁性薄膜がこの効果を持つことが知られていた。しかし、その抵抗変化率は最大で3%程度であり、実用のためには、より大きな抵抗変化率を有する材料が望まれていた。

- 15 近年、Co/Cu (Co厚 15 Å、Cu厚 9 Å) 人工格子膜において、室温で50%近い抵抗変化率が得られることがわかった。しかし、この構成では飽和磁界が5 kOeと非常に大きいため、磁気センサや磁気ヘッド等のデバイスへの応用は困難であった。

- 20 一方、特開平6-112078号公報には、Co/Cu人工格子膜において、Cu厚を20 Åに設定することで、1 kOeという比較的小さな磁界で、約28%もの抵抗変化率が得られることが開示されている。
- 25 Co/Cu人工格子膜における抵抗変化率(MR比)は、Cu厚が約9 Åで第1極大をとり、約20 Åで第2極大をとる。この第2極大では、比較的小さな飽和磁界でパーマロイ薄膜等に較べて大きな抵抗変化率が得られるため、各種デバイスへの応用が期待されている。しかし、このCo/Cu人工格子膜の第2極大は、高温下における安定性にすぐれ、この点においても実用的であるものの、第2極大におけるMRカーブ(印加磁界に対する抵抗値の変化を示す曲線;以下MR (Magnetoresistance) カーブと称する)は大きなヒステリシスを持つ。すなわち、磁界に対し

て抵抗値が一義的に決まらないため、低回転数の回転センサや磁気ヘッドには不向きであり、用途が極めて限定されてしまう。

この問題を解決する方法として、J. Appl. Phys. 79 (9) p. 7090-7094 "Giant magnetoresistance in Co/Cu multilayers with Co layers of alternating thicknesses: Reduction of magnetoresistive hysteresis" 5
には、Co層厚を一層ごとに变化させることが開示されている。これによれば、ヒステリシスが大幅に低減される。第11図に、この磁気抵抗効果膜の断面模式図を示す。図において、101は表面に酸化Siを有するSi基板、102は厚いCo層、103と105は非磁性層である
10 Cu層、104は薄いCo層である。厚いCo層の厚さは10～30Åである。図に示すように、102～105の4層を1周期とし、10周期この構成を繰り返して磁気抵抗膜が構成されている。

第12図に、薄いCo層厚が2.5～3Åであるときの、磁気抵抗効果膜が示すMRカーブを示すが、ほとんどヒステリシスがなくなる。

15 このようにCo層厚を変調することでヒステリシスの大幅な低減が可能であるが、この膜は安定性に欠けるという大きな問題点を有する。すなわち、膜作成直後は良好な特性を示すが、時間と共に抵抗変化率が劣化するという問題点がある。

この発明は、上記のような問題点を解決するためになされたもので、
20 磁性層と非磁性層とが繰り返し積層された構造からなる磁気抵抗効果素子であって、経時変化が無く、特に高温下でも安定性を有し、且つヒステリシスを低減した磁気抵抗効果素子を得ることを目的とする。また、得られた磁気抵抗効果素子を用いた高感度で、信頼性の高い磁気センサを得ることを目的とする。

25

発明の開示

本発明に係る第1の磁気抵抗効果素子は、磁性層とCuを主成分とす

3

る非磁性層とが交互に繰り返して積層された構造からなり、上記非磁性層の厚さをMR比が第2極大を示す近傍の厚さに設定し、且つ次の条件、

a) 磁性層は、 $\text{Co}_{1-x}\text{Fe}_x$ ($0.05 \leq x \leq 0.5$) からなる、

5 b) 磁性層は、非磁性層を挟んで1層ごとに厚さが変調された、薄い磁性層と厚い磁性層との繰り返してあり、上記薄い磁性層の厚さが4.5 Å以上、8 Å以下である、

を満足する磁気抵抗効果膜を備えた磁気抵抗効果素子であるので、経時変化が無く、特に高温下でも安定性を有し、且つヒステリシスの低減された素子となる。

10 本発明に係る第2の磁気抵抗効果素子は、磁性層とCuを主成分とする非磁性層とが交互に繰り返して積層された構造からなり、上記非磁性層の厚さをMR比が第2極大を示す近傍の膜厚に設定した磁気抵抗効果膜を有し、中心磁界が特定の方向にオフセットされた磁界を印加して動作
15 される磁気抵抗効果素子であって、上記オフセットされた磁界方向にあらかじめ初期化されるので、経時変化が無く、特に高温下でも安定性を有し、且つヒステリシスの低減された素子を得ることができる。

本発明に係る第3の磁気抵抗効果素子は、磁性層とCuを主成分とする非磁性層とが交互に繰り返して積層された構造からなり、上記非磁性層の厚さをMR比が第2極大を示す近傍の厚さに設定した磁気抵抗効果膜
20 が線状にパターンニングされた磁気抵抗効果素子であって、上記線状パターンの長手方向と検知すべき磁界変化方向とが垂直となるようにしたので、経時変化が無く、特に高温下でも安定性を有し、且つヒステリシスの低減された素子を得ることができる。

本発明に係る磁気センサは、外部磁界との周辺に請求の範囲第1項ないし第3項のいずれかに記載の磁気抵抗効果素子を複数配置したので、
25 いずれの素子も経時変化が無く、特に高温下でも安定性を有し、且つヒステリシスが低減されており、高感度で、信頼性の高い磁気センサを得

ることができる。

図面の簡単な説明

第 1 図は本発明の第 1 の実施例による磁気抵抗効果膜の構成を模式的に示した断面図、第 2 図は本発明の第 1 の実施例による磁気抵抗効果膜の特性を示す磁界－抵抗ループの一例を示した図、第 3 図は本発明の第 1 の実施例による磁気抵抗効果膜において、薄い磁性層厚と磁性層 C o F e 合金組成を変化させたときの抵抗変化率（第 3 図（a））、ヒステリシス磁界（第 3 図（b））を示した図である。

第 4 図は本発明の第 3 の実施例による磁気抵抗効果膜の構成を模式的に示した断面図、第 5 図は本発明の第 3 の実施例による磁気抵抗効果膜の M R カープ（大きな磁界を印加した場合）を示した図、第 6 図は本発明の第 3 の実施例に関する磁気抵抗効果膜の M R カープ（バイアスした小さな磁界を印加した場合）を示した図である。

第 7 図は本発明の第 4 の実施例による磁気抵抗効果膜のパターンの例を示す図、第 8 図は本発明の第 4 の実施例によるパターンニングした磁気抵抗効果素子の M R カープ（（a）パターンと印加磁界が平行な場合、（b）パターンと印加磁界が垂直な場合）である。

第 9 図は本発明の第 5 の実施例による磁気センサの一例として回転センサの構成を示した図、第 1 0 図は回転センサの測定原理を説明するための図である。

第 1 1 図は従来技術における磁気抵抗効果膜の構成を模式的に示した断面図、第 1 2 図は従来例技術における磁気抵抗効果膜の磁界－抵抗ループ特性を示した図である。

25

発明を実施するための最良の形態

本発明においては、例えば磁気センサに適するような大きな磁気抵抗

変化率および小さなヒステリシス磁界を有し、且つ高温下でも安定性を有する磁気抵抗効果素子を得るために、素子を磁性層とCuを主成分とする非磁性層を交互に繰り返し積層した構造において、上記非磁性層厚をMR比が第2極大を示す近傍の膜厚に設定し、磁性層としてCo_{1-x}Fe_x ($0.05 \leq x \leq 0.5$)を用い、この磁性層は、1層ごとに層厚が変調されており、薄い方の磁性層厚は、4.5 Å以上、8 Å以下とした。

また、磁性層とCuを主成分とする非磁性層を交互に繰り返し積層した構造を有し、上記非磁性層厚をMR比が第2極大を示す近傍の膜厚に設定し、印加する磁界の中心磁界がある方向にオフセットした磁界を印加して用いる磁気抵抗効果素子において、上記オフセットした磁界方向にあらかじめ初期化を行うことで、ヒステリシスを低減する。

また、磁性層とCuを主成分とする非磁性層を交互に繰り返し積層した構造を有し、上記非磁性層厚をMR比が第2極大を示す近傍の膜厚に設定した磁気抵抗効果膜を線状にバターンニングした磁気抵抗効果素子において、上記線状の長手方向と検知すべき磁界変化方向とが垂直となるように構成することで、ヒステリシスを低減する。

さらに、上記のように構成した磁気抵抗効果素子を搭載した本発明による磁気センサは、大きな磁気抵抗変化率および小さなヒステリシス磁界を有し、且つ高温下でも安定性を有するので、高感度、高信頼性のセンサを実現する。

以下、この発明の実施例を図について説明する。

実施例1.

第1図は、本発明に関する磁気抵抗効果素子を構成する磁気抵抗効果膜の構造を示したものである。図において、1はSiやガラス等の基板、2は厚い磁性層、3、5は例えばCuのようなCuを主成分とする非磁性層、4は薄い磁性層、6は酸化防止用の窒化Si（保護膜）であり、

6

膜厚は3000 Åである。磁気抵抗効果膜は上記2～5を1周期として、数周期から数十周期の多層膜で構成する。厚い磁性層2と薄い磁性層4は同じ材料からなり、層厚のみが異なる。厚い磁性層2と薄い磁性層4の材料は、CoとFeを主成分とする合金である。非磁性層であるCu層3および5は同じ材料且つ成膜装置の作成誤差内で同じ層厚であり、層厚は抵抗変化率が第2の極大値をとる層厚近傍に設定する。また、基板1と厚い磁性層2との間には、酸化Siや窒化Si等の絶縁膜を設ける場合もあり、さらに数十Å程度のバッファ層を設ける場合もある（第1図には図示せず）。成膜後に、膜特性を安定させるために、膜作成後に真空中で12時間のアニールをおこなった。アニール温度は結晶構造が安定な状態になる温度であり、200℃程度が適当である。

厚い磁性層厚を15 Åに固定し、薄い磁性層厚と磁性層CoFe合金組成をマトリックスに変化させて磁気抵抗効果膜をスパッタにより作成した。薄い磁性層厚は3 Åから9 Åまで0.5 Å毎に変化させた。一方、CoFe合金組成はFeの含有量を0から60 at %まで変化させた。周期数は8周期以上であれば特性に大きな変化はもたらさないため、ここでは14周期に固定した。

作成した磁気抵抗効果膜の磁気抵抗特性を測定した。抵抗測定は4端子法を用い、電磁石により膜に一様に磁界を印加した。磁界の変化は50 (Oe) → 250 (Oe) → 50 (Oe) と変化させた。磁界と抵抗の関係を示す測定ループの模式図（MRカーブの一部）を第2図に示す。この模式図では、後で説明するヒステリシス磁界を説明しやすくするために、実際よりヒステリシスを大きく描いている。抵抗は磁界が大きくなると小さくなり、250 (Oe) で最小値R_{min}に、50 (Oe) で最大値R_{max}になる。その途中の磁界では、抵抗値は行きと帰りで異なった値を取る。抵抗変化率を次のように定義する。

$$\text{抵抗変化率} = (R_{\max} - R_{\min}) / R_{\min} \times 100 \quad (\%)$$

また、ヒステリシスを見積もるため、抵抗の midpoint、すなわち

$$(R_{min} + R_{max}) / 2$$

での往きと帰りの磁界の値の差をヒステリシス磁界と定義する。このヒステリシス磁界は第2図中、 B_h で示す。磁気センサに適用する場合、

- 5 磁気抵抗効果膜に必要な特性は、抵抗変化率が大きく、ヒステリシス磁界が小さいことである。

第3図に、作成した磁気抵抗効果膜の抵抗変化率及びヒステリシス磁界を示す。図中(a)において、CoFe合金のFeの含有量 X をパラメータとし、横軸が薄いCoFe磁性層の膜厚、縦軸が抵抗変化率である。Feの含有量 X にかかわらず、抵抗変化率は薄い磁性層膜厚に対して単調に増加している。特に、Feの含有量が5%から50%の磁気抵抗効果膜では、薄い磁性層膜厚が4.5 Å以上で抵抗変化率が急激に向上している。Feの含有量が60%の磁気抵抗効果膜では、薄い磁性層膜厚にかかわらず、抵抗変化率が小さい。

- 15 第3図中(b)は、作成した磁気抵抗効果膜のヒステリシス磁界を示したものである。図中(b)において、CoFe合金のFeの含有量 X をパラメータとし、横軸が薄いCoFe磁性層の膜厚、縦軸がヒステリシス磁界である。 $X=0$ 、すなわち磁性層がCo単体では、Feが含まれている場合に較べて、ヒステリシス磁界が大きくなっている。Feが含まれている場合は、薄い磁性層膜厚が8 Å以下で、ヒステリシス磁界は緩やかに増加している。しかし、8 Åを越えると急激にヒステリシス磁界は増加する。

- 25 以上、第3図(a)、(b)より、磁気センサに適する大きな磁気抵抗変化率および小さなヒステリシス磁界が得られるのは、Feの含有量が5%以上且つ50%以下で、薄い磁性層膜厚が4.5 Å以上且つ8 Å以下の磁気抵抗効果膜であることがわかった。なお、これらの磁気抵抗効果膜に対して、真空中で150℃、1000時間の高温放置を行い、

その後MRカーブを再測定したが、高温放置前と全く変わらないMRカーブが得られ、経時変化のない良好な磁気抵抗効果膜であることが確認された。

上記の磁気抵抗効果膜により構成された磁気抵抗効果素子は、磁気センサへ適用可能な良好な素子である。

実施例 2 .

実施例 1 では厚い磁性層膜厚を 15 Å としたが、ここでは 30 Å とした。ヒステリシス磁界に関しては、厚い磁性層膜厚を 15 Å としたときと同様の結果が得られた。また、抵抗変化率に関しても全く同様の傾向が得られた。ただし、抵抗変化の絶対値は、薄い磁性層膜厚や Fe 含有量にかかわらず、厚い磁性層膜厚を 15 Å としたときの抵抗変化率の約 80 % の抵抗変化率が得られた。また、実施例 1 と同様に高温放置前後での MR カーブに変化はなかった。

実施例 3 .

実施例 1、2 では、磁性層の厚みを 1 層ごとに変調した人工格子磁気抵抗効果膜を作成したが、実施例 3、4 では、磁性層の厚みを変調しない人工格子磁気抵抗効果膜を作成した。

原子組成比で Fe が 7 % 含まれる CoFe 合金層と Cu 層を交互に積層した人工格子磁気抵抗効果膜を作成した。本実施例においては基板は Si 基板を用いたが、ガラス基板等でも良い。この Si 基板上に次の磁気抵抗効果膜を作成した。第 4 図にこの構造を示す。

保護膜 / ... { CoFe (17 Å) / Cu (22 Å) } * 25 周期 / CoFe (50 Å) / 基板

図において、基板 1 上の最初の 50 Å の CoFe はバッファ層 7 で、その上に積まれる膜の結晶配向を良好にするための層であるが、必ずしも必要ではない。この上に非磁性層 3 として 22 Å の Cu 層、磁性層 8 と

して17 ÅのCoFe層を25ペア繰り返して成膜した。Cu層厚22 ÅはMR比が第2極大を示す膜厚である。成膜は、DCマグネトロンスパッタで行った。成膜時にはArガスを1mmTorrの圧力になるように流した。成膜後、真空中でアニールを行った。アニール温度は200℃、時間は6時間である。アニールを行うことで、熱安定性が向上し、高温化で用いるデバイスにも適用できるようになる。ただし、高温下で用いないデバイスに対しては、アニールは必須ではない。この磁気抵抗効果膜の磁界に対する抵抗変化を4端子法を用いて測定した。磁界は、 $-1\text{ kOe} \rightarrow +1\text{ kOe} \rightarrow -1\text{ kOe}$ と変化させた。第5図に、測定結果を示すが、横軸は磁界、縦軸は磁気抵抗効果膜のシート抵抗値である。抵抗変化率は31%が得られ、飽和磁界も0.8 kOeと比較的小さいが、ヒステリシスは存在した。

人工格子磁気抵抗効果膜は、ゼロ磁界近傍で抵抗が最大となるため、これをデバイスに適用する場合、バイアスした印加磁界を用いる方が有利な場合が多い。バイアスしない、すなわちゼロを中心に振れる印加磁界を用いると、磁界の絶対値がプラス側に大きくなっても、マイナス側に大きくなっても、抵抗が減少するため、バイアスした印加磁界を用いる場合に較べて、抵抗変化が半分以下になってしまう。さらに、磁界と抵抗が1対1に対応しなくなってしまう。

第6図に、バイアスした小さな磁界範囲で測定したMRカーブを示す。磁界変化幅は $\pm 20\text{ (Oe)}$ であり、バイアス磁界、すなわち印加磁界の中心磁界は140、180、220 (Oe)の3通りである。上記の磁界付近でこの磁気抵抗効果膜は磁界感度が最大になるため、これらの中心磁界を選んだ。ただし、上記のような小さな磁界範囲で測定する場合には、測定前に印加する磁界方向、すなわち初期化の磁界の方向により、MRカーブが異なる。第6図には、測定前に -800 (Oe) の磁界で初期化した場合(a)と、 $+800\text{ (Oe)}$ の磁界で初期化した場合(b)

を示してある。図から明確なように、 -800 (Oe) の磁界で初期化した場合 (a) には、ヒステリシスの影響が顕著に現れている。例えば、 160 (Oe) における抵抗値は、磁界の掃引領域で異なり (隣合う MR カーブ間のギャップが大)、磁界と抵抗値が 1 対 1 に対応していない。

5 また、 $+800$ (Oe) の磁界で初期化した場合 (b) に比較して、 -800 (Oe) の磁界で初期化した場合 (a) は、磁界感度が小さくなっていることも第 6 図よりわかる。 -800 (Oe) あるいは $+800$ (Oe) では、第 5 図からわかるように、抵抗値は飽和しているため、これ以上の磁界で初期化しても結果は同じであった。一方、 -800 (Oe) あるいは $+800$ (Oe) より絶対値の小さな磁界で初期化するとヒステリシスが残ってしまう。また、印加磁界が負の時は -800 (Oe) の磁界で初期化するのがよい。

10

実施例 4.

15 例えば、実施例 3 で作成した磁気抵抗効果膜を写真製版によりパターンニングを行った。種々のデバイスに適用する場合、パターンニングを行うことは必須といっても過言ではない。パターンニングを行うことで、小さな面積で、個々のデバイスに適した大きな抵抗値を得ることができるからである。第 7 図にはパターンニングの例を示してある。第 7 図中 (a)、

20 (b) とともに、11 は抵抗変化を測定するためのパッドであり、12 は磁界の変化に応じて抵抗が変化する検知部分である。第 7 図 (a) においては、紙面の左右がパターン長手方向 (図中 \leftrightarrow で示す) になる。一方 (b) においては、パターンが曲がりくねっているため、やや複雑であるが、やはり、紙面の左右が概ねパターン長手方向 (\leftrightarrow) と考えられる。第 8

25 図は、上記の第 7 図 (b) のようにパターンニングした磁気抵抗効果膜に磁界を印加して測定した抵抗の変化を示している。磁界の印加方向は、図 8 (a) ではパターン長手方向に平行 (第 7 図中 A 方向)、(b) で

は垂直（第7図中B方向）である。このときのパターン幅は $7\mu\text{m}$ である。パターン長手方向に垂直に磁界を印加した方が、ヒステリシスが大幅に小さくなっていることがわかる。これは、パターン化したことによる形状異方性の影響が主因と考えられる。

5

実施例5.

上記実施例4では実施例3で作成した磁気抵抗効果膜をパターンニングした例について説明したが、実施例1、2で作成した磁気抵抗効果膜をパターンニングして用いてもよい。さらに、従来技術で説明した磁気抵抗効果膜を同様にパターンニングし、パターン長手方向に垂直に磁界を印加してもヒステリシスの低減を図ることができる。

10

実施例6.

上記実施例1乃至3で作成され実施例4のようにパターンニングされた磁気抵抗効果膜にさらに電極パッド等を形成した磁気抵抗効果素子を配置し、磁気センサの一つである回転センサを構成した例について示す。第9図は、回転センサの構成を説明するための図である。図中(a)において、回転センサは21、22のそれぞれ磁気抵抗効果素子と、23の永久磁石とを備え、24は例えば鉄からなる磁性材料の歯車で、検出したい回転体の回転軸に取り付けられ、回転体とともに回転する。2つの磁気抵抗効果素子21、22は同じ特性（抵抗変化率，抵抗値，MRカーブ）のもので、その感磁方向は素子面内だけであり、永久磁石23の中心軸に対象に配置される。磁気抵抗効果素子21、22のそれぞれの抵抗値を R_1 、 R_2 とする。また、図中(b)は図中(a)のX部を歯車側から見た模式図である。図のように、2つの磁気抵抗効果素子をホイートストンブリッジに組むことで、2つの素子の抵抗差をホイートストンブリッジの midpoint 電圧 V_m として検出できる。

15

20

25

また、第 10 図は回転センサの測定原理を説明するための図である。
図中 (a) において、2つの磁気抵抗効果素子にかかる素子面内の磁界の大きさは同じであるので、2つの素子の抵抗値は同じである ($R_1 - R_2 = 0$)。歯車が右周りに回転して、図中 (a) から (b) に移ると、
5 永久磁石からの磁束は下方に向き、素子 21 に印加される磁界の絶対値は小さくなる。一方、素子 22 に印加される磁界の絶対値は大きくなり、抵抗値に差が生じる。この時、 $R_1 - R_2 > 0$ となる。上記の通り、回転体の回転により、歯車の歯が GMR 上を通過し、その結果、永久磁石から生じる磁束は、磁性体である歯車の通過により、その方向が変えられ、この変化を素子 21、22 で検知する。
10

本実施例による回転センサはそれを構成する素子が、経時変化が無く、高温でも安定性を有し、ヒステリシスの低減された、上述の実施例によるものであるので、磁気センサとして高感度で、信頼性の高いものが得られる。

15

産業上の利用可能性

この発明による磁気抵抗効果素子は、例えば車載用回転センサ等の磁気センサに利用される。

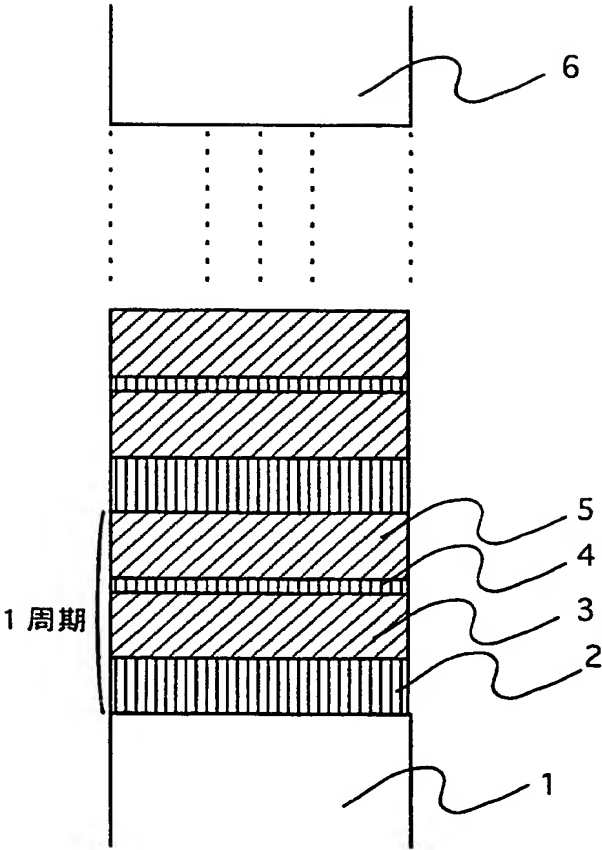
20

請 求 の 範 囲

1. 磁性層とCuを主成分とする非磁性層とが交互に繰り返し積層された構造からなり、上記非磁性層の厚さをMR比が第2極大を示す近傍の厚さに設定し、且つ次の条件を満足する磁気抵抗効果膜を備えた磁気抵抗効果素子。
- 5
- a) 磁性層は、 $\text{Co}_{1-x}\text{Fe}_x$ ($0.05 \leq x \leq 0.5$) からなる。
- b) 磁性層は、非磁性層を挟んで1層ごとに厚さが変調された、薄い磁性層と厚い磁性層との繰り返してあり、上記薄い磁性層の厚さが4.5
- 10 Å以上、8 Å以下である。
2. 磁性層とCuを主成分とする非磁性層とが交互に繰り返し積層された構造からなり、上記非磁性層の厚さをMR比が第2極大を示す近傍の膜厚に設定した磁気抵抗効果膜を有し、中心磁界が特定の方向にオフセットされた磁界を印加して動作される磁気抵抗効果素子であって、上記
- 15 オフセットされた磁界方向にあらかじめ初期化されたことを特徴とする磁気抵抗効果素子。
3. 磁性層とCuを主成分とする非磁性層とが交互に繰り返し積層された構造からなり、上記非磁性層の厚さをMR比が第2極大を示す近傍の厚さに設定した磁気抵抗効果膜が線状にバターニングされた磁気抵抗効果素子であって、上記線状パターンの長手方向と検知すべき磁界変化方向とが垂直となるようにしたことを特徴とする磁気抵抗効果素子。
- 20
4. 外部磁界と、該外部磁界の周辺に複数配置された請求の範囲第1項ないし第3項のいずれかに記載の磁気抵抗効果素子とを備えたことを特徴とする磁気センサ。

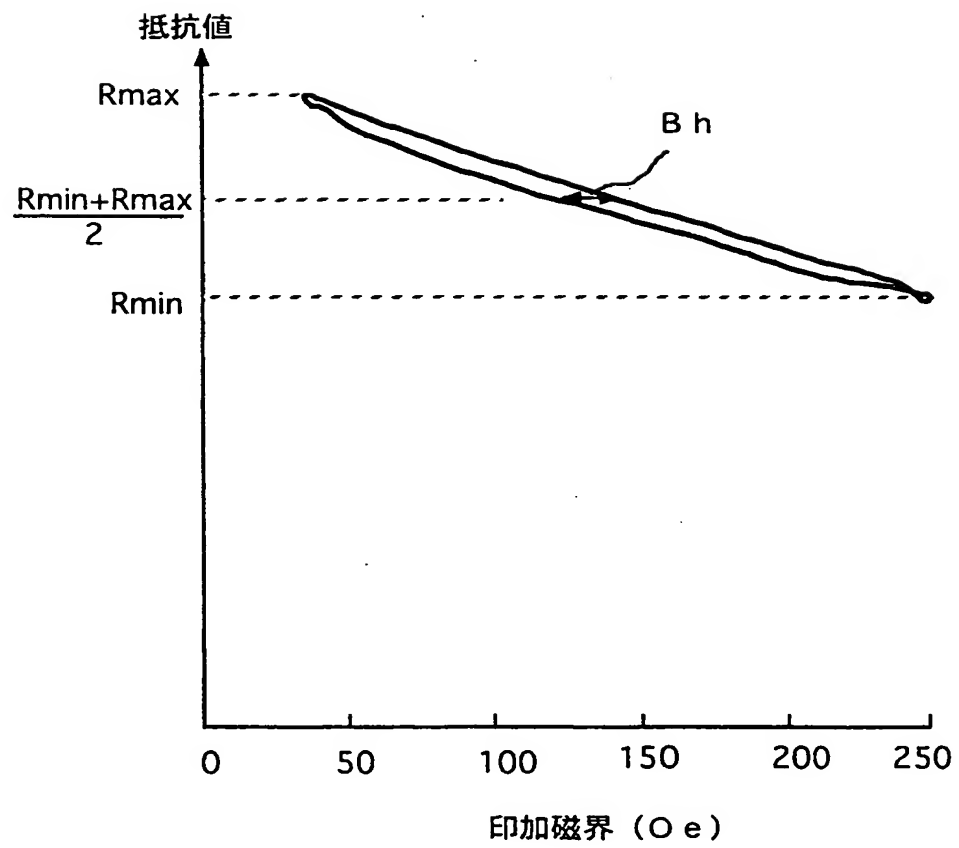
1 / 1 2

第 1 図



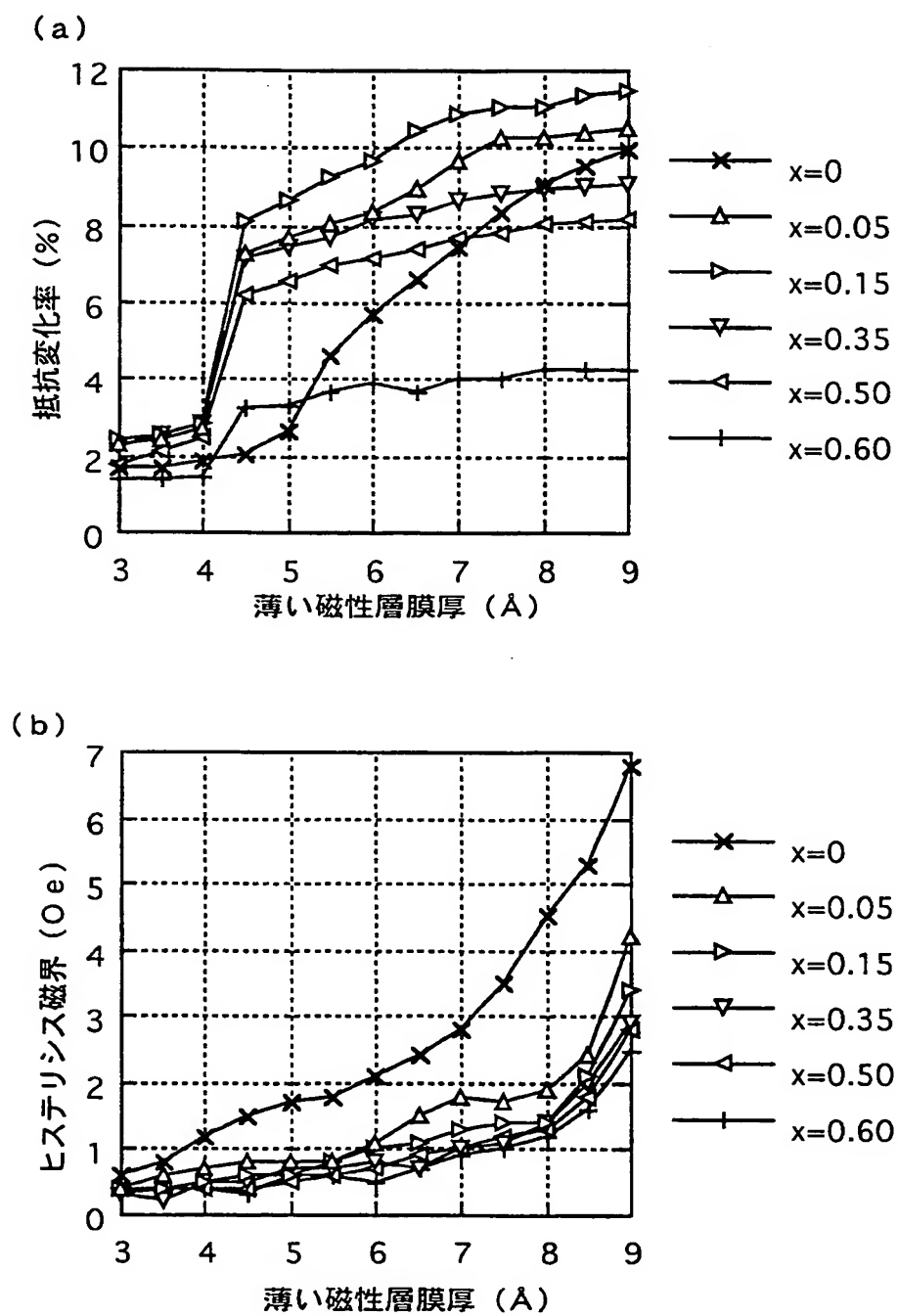
2 / 1 2

第 2 図



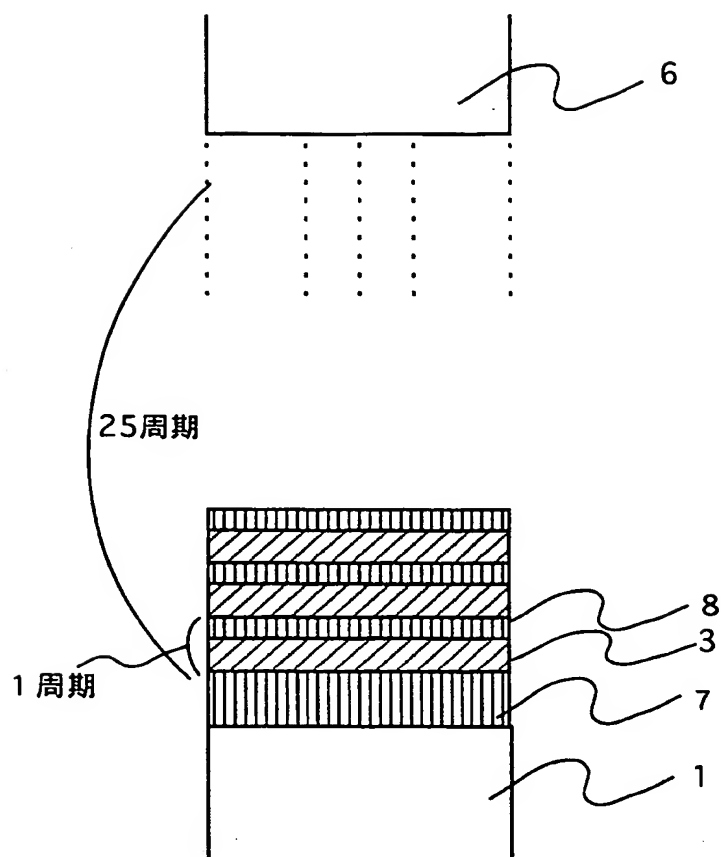
3 / 1 2

第3図



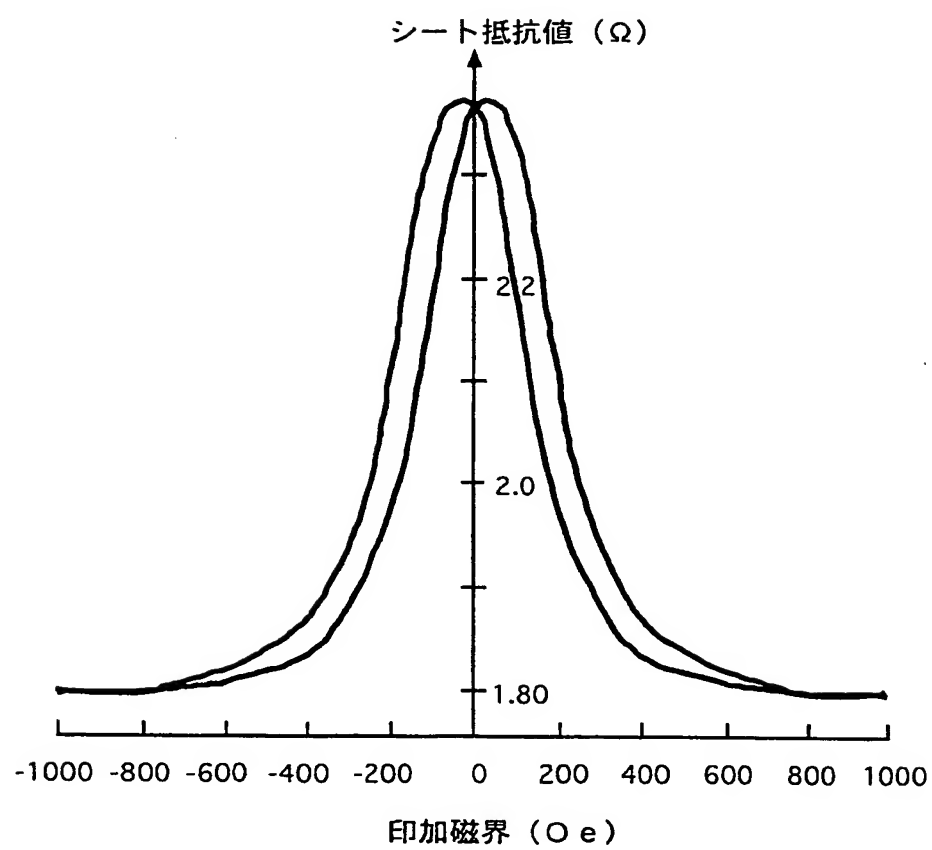
4 / 1 2 .

第4図



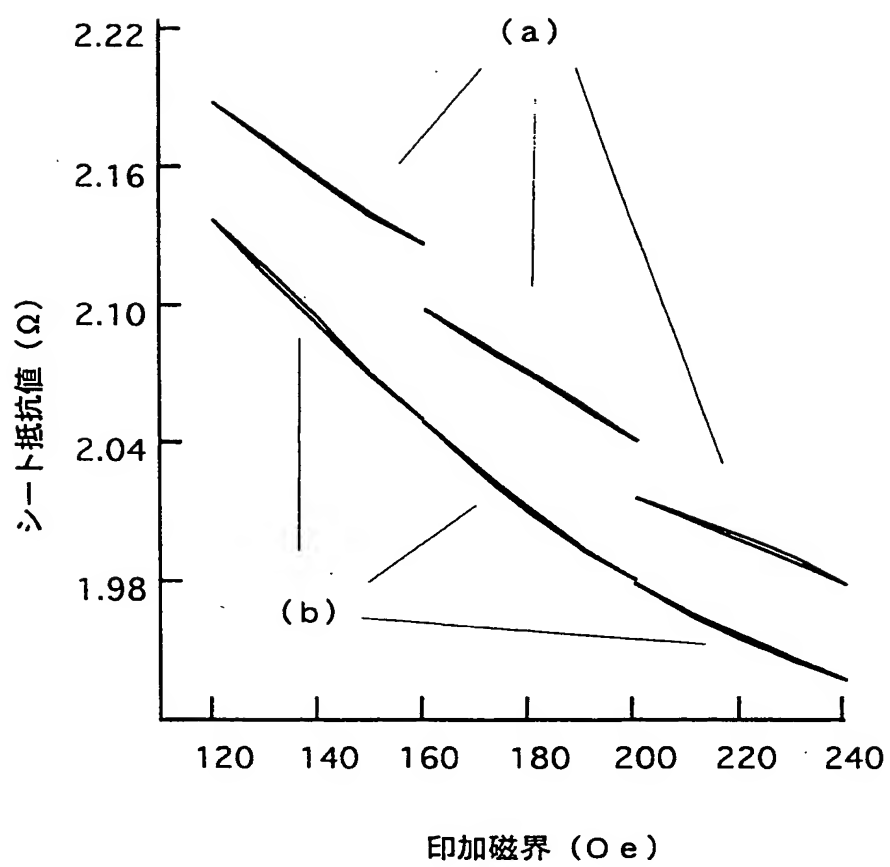
5 / 12

第5図



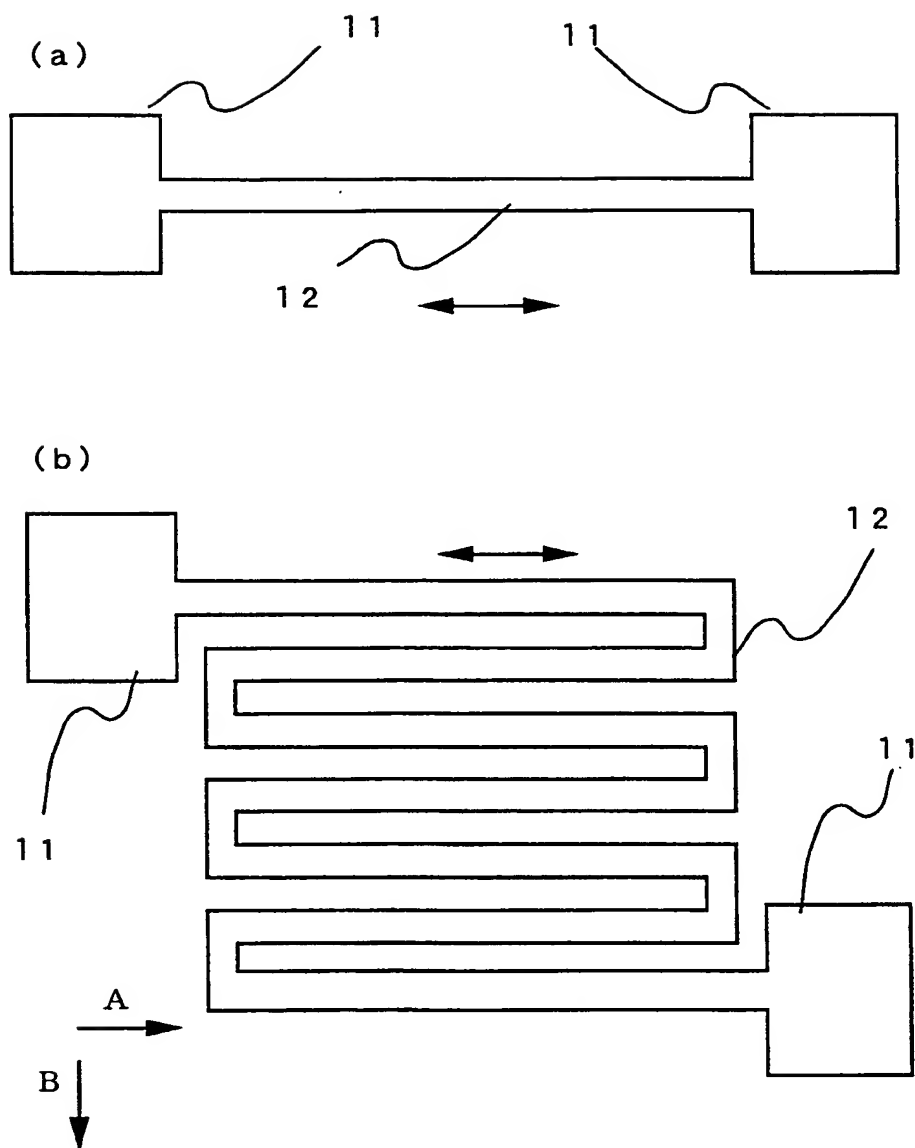
6 / 1 2

第6図



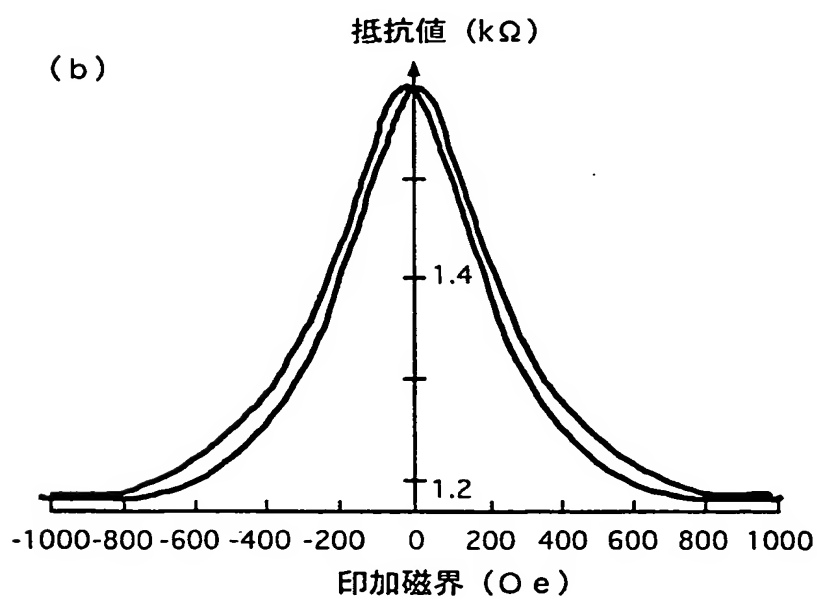
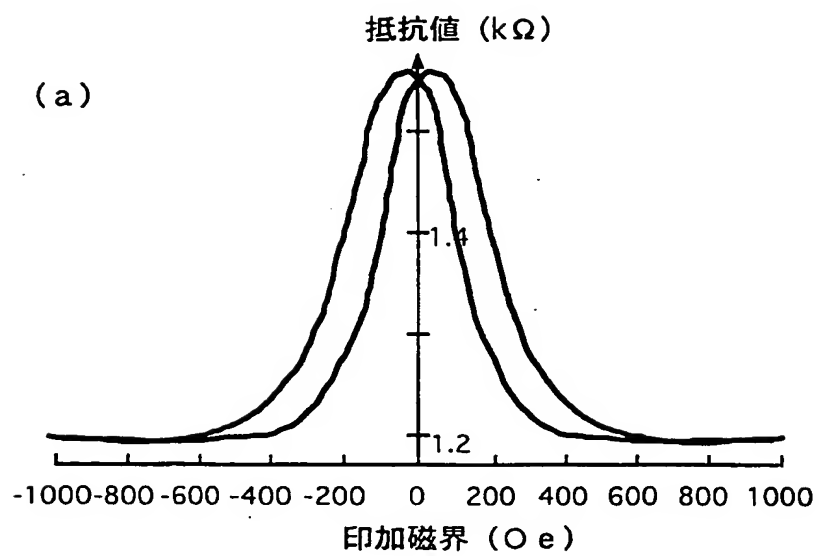
7 / 1 2

第 7 図

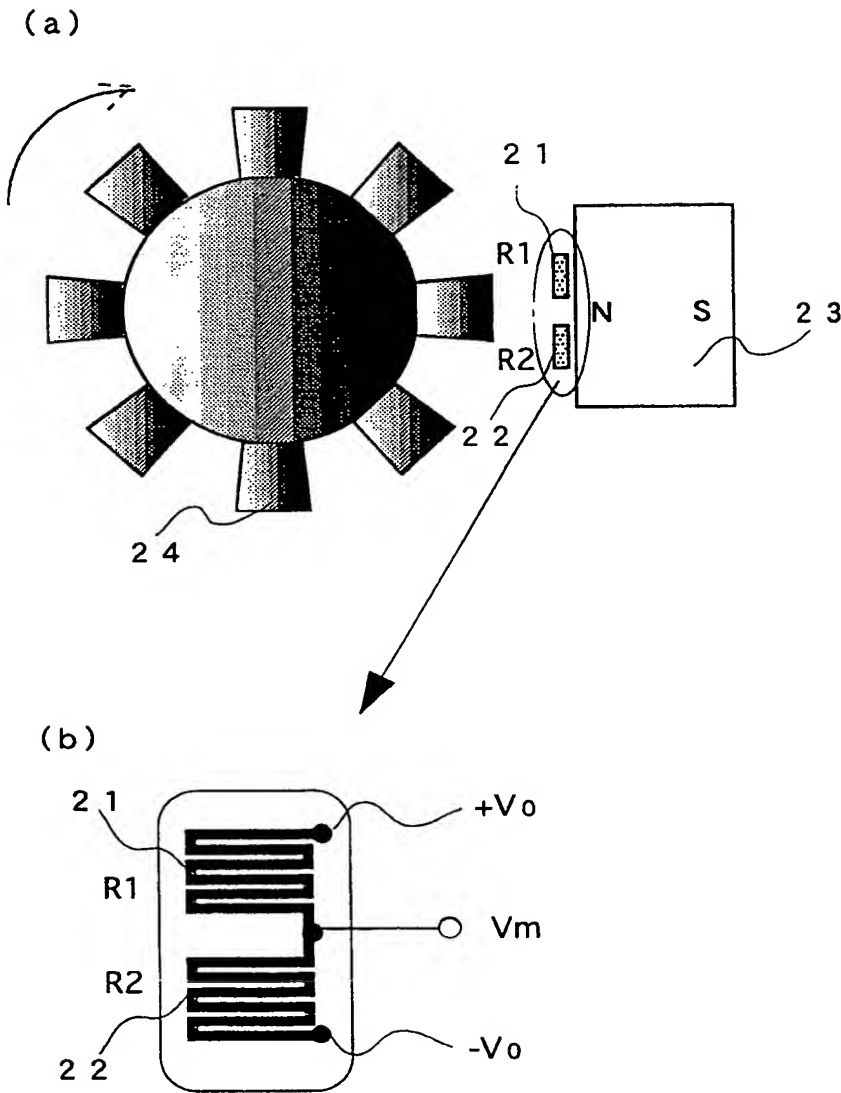


8 / 1 2

第 8 図



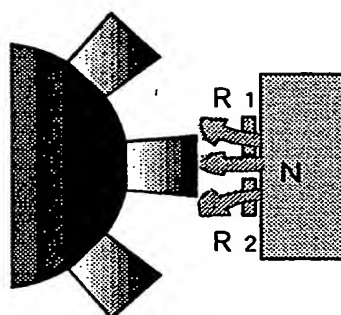
第 9 図



10 / 12

第10図

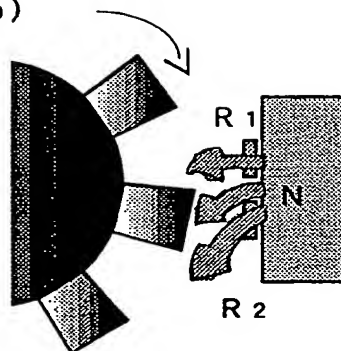
(a)



$$R_1 - R_2 = 0$$



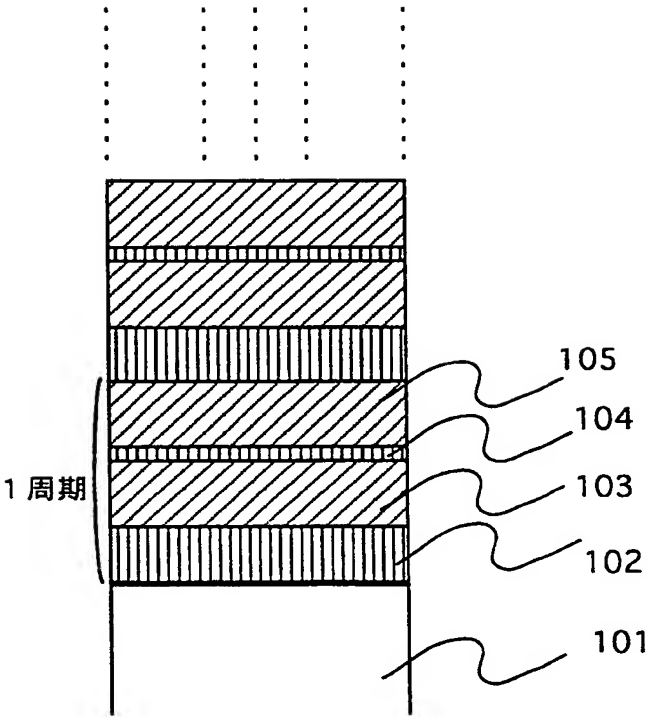
(b)



$$R_1 - R_2 > 0$$

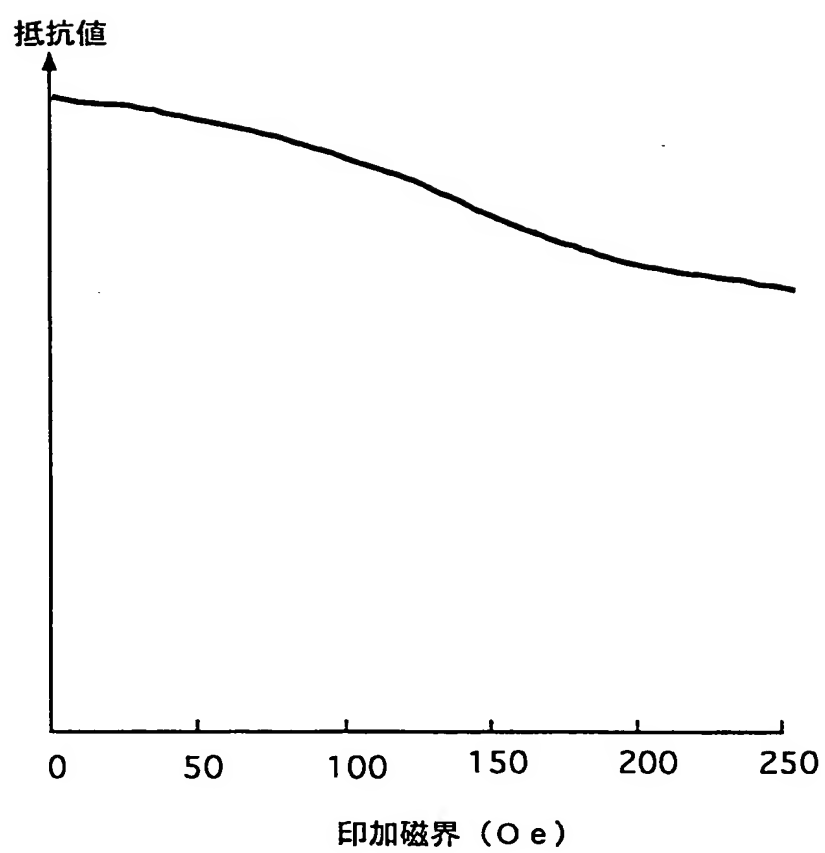
1 1 / 1 2

第 1 1 図



12/12

第12図



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP98/04840

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl⁶ H01L43/08, G01R33/09, G11B5/39

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int.Cl⁶ H01L43/08, H01F10/08-10/30, G11B5/39

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho 1926-1996 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-1998
Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-1998 Jitsuyo Shinan Toroku Koho 1996-1998

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP, 6-112078, A (Sony Corp.), 22 April, 1994 (22. 04. 94), Par. Nos. [0028] to [0030] ; Fig. 6	3-4
A	Par. Nos. [0028] to [0030] ; Fig. 6 (Family: none)	1-2
Y	JP, 8-201492, A (Matsushita Electric Industrial Co., Ltd.), 9 August, 1996 (09. 08. 96), Par. Nos. [0013] to [0021] ; Figs. 1 to 3 (Family: none)	3-4
Y	JP, 8-315324, A (Sony Corp.), 29 November, 1996 (29. 11. 96), Par. Nos. [0030] to [0035] ; Figs. 1 to 3 (Family: none)	3

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:	"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"E" earlier document but published on or after the international filing date	"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)	"&" document member of the same patent family
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means	
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed	

Date of the actual completion of the international search
13 January, 1999 (13. 01. 99)

Date of mailing of the international search report
26 January, 1999 (26. 01. 99)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP98/04840

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	Journal of Applied Physics, Vol. 79, No. 9, (1996), H. Holloway and D.J. Kubinski "Giant magnetoresistance in Co/Cu multilayers with Co layers of alternating thicknesses: Reduction of magnetoresistive hysteresis", p.7090-7094	1
A	JP, 5-175572, A (Hitachi, Ltd.), 13 July, 1993 (13. 07. 93), Claim 1 ; Par. Nos. [0010], [0011] (Family: none)	2
A	JP, 8-78756, A (NEC Corp.), 22 March, 1996 (22. 03. 96), Par. Nos. [0025] to [0029] ; Figs. 1, 2 & EP, 675554, A1	2

国際調査報告

国際出願番号 PCT/J P 98/04840

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl[°] H01L43/08, G01R33/09, G11B5/39

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl[°] H01L43/08, H01F10/08-10/30, G11B5/39

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報 1926-1996

日本国公開実用新案公報 1971-1998

日本国登録実用新案公報 1994-1998

日本国実用新案登録公報 1996-1998

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
Y A	J P, 6-112078, A (ソニー株式会社) 22. 4月. 1994 (22. 04. 94) 段落番号【0028】-【0030】, 図6 段落番号【0028】-【0030】, 図6 (ファミリーなし)	3-4 1-2
Y	J P, 8-201492, A (松下電器産業株式会社) 9. 8 月. 1996 (09. 08. 96) 段落番号【0013】-【0021】, 図1-3 (ファミリーなし)	3-4

☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの

「E」先行文献ではあるが、国際出願日以後に公表されたもの

「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)

「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献

「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの

「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの

「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの

「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

13. 01. 99

国際調査報告の発送日

26.01.99

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/J P)

郵便番号100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

松本 邦夫

4M

9544

電話番号 03-3581-1101 内線 3464

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
Y	J P, 8-315324, A (ソニー株式会社) 29. 11月. 1996 (29. 11. 96) 段落番号【0030】-【0035】, 図1-3 (ファミリーなし)	3
A	Journal of Applied Physics, 第79巻, 第9号, (1996), H. Holloway and D. J. Kubinski 「Giant magnetoresistance in Co/Cu multilayers with Co layers of alternating thicknesses: Reduction of magnetoresistive hysteresis」, p. 7090-7094	1
A	J P, 5-175572, A (株式会社日立製作所) 13. 7 月. 1993 (13. 07. 93) 請求項1, 段落番号【0010】-【0011】 (ファミリーなし)	2
A	J P, 8-78756, A (日本電気株式会社) 22. 3月. 1996 (22. 03. 96) 段落番号【0025】-【0029】, 図1-2 & E P, 675554, A1	2

THIS PAGE BLANK (USPTO)